



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 03 909 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 08 G 1/01**  
G 01 C 21/12

②① Aktenzeichen: 199 03 909.7  
②② Anmeldetag: 1. 2. 1999  
④③ Offenlegungstag: 3. 8. 2000

DE 199 03 909 A 1

⑦① Anmelder:  
Delphi 2 Creative Technologies GmbH, 80331  
München, DE  
  
⑦④ Vertreter:  
WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,  
KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising

⑦② Erfinder:  
Kiendl, Robert, 81541 München, DE; Schmidt,  
Günter, Dr., 82008 Unterhaching, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

- ⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Gewinnung von relevanter Verkehrsinformation und zur dynamischen Routenoptimierung
- ⑤⑦ Ein Verfahren zur dynamischen Gewinnung von relevanter Verkehrsinformation und/oder zur dynamischen Optimierung einer Route eines ersten Fahrzeugs, welches einem selbstorganisierenden Verkehrsinformations- und/oder -leitsystem angehört, dem weitere Fahrzeuge angehören, beinhaltet die Schritte: Erstellen von Daten auf der Basis von fahrzeugeigenen Sensoren und/oder anderen Informationsquellen im ersten Fahrzeug; Aussenden von für das erste Fahrzeug oder andere Fahrzeuge relevanten Daten; Empfangen der gesendeten Daten anderer Fahrzeuge; Speichern von Daten, die aus empfangenen und/oder eigenen Daten gewonnen wurden; Erstellen und Senden von Anfragen bezüglich Daten, die möglicherweise andere Fahrzeuge bereitstellen könnten; potentiell Weiterleiten von empfangenen Daten durch Wiederausenden dieser Daten in verarbeiteter oder nicht verarbeiteter Form.

DE 199 03 909 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Gewinnung von relevanter Verkehrsinformation und zur dynamischen Optimierung der Route von Fahrzeugen, welche einem selbstorganisierenden Verkehrssystem angehören, und insbesondere auf ein Verfahren für ein selbstorganisierendes System zur Verkehrsleitung, Signalisierung von Verkehrsstörungen und Extraktion von Statistikdaten sowie auf ein Verfahren für eine effiziente, zielgerichtete Verbreitung von Drittdaten in einem sich bildenden Informationsnetzwerk.

Bisherige Verfahren oder Vorrichtungen zur Verkehrsleitung stützen sich in großem Umfang auf eine externe, festinstallierte Verkehrserfassung bzw. auf eine zentrale Informationsverarbeitung.

Zur Erhöhung der Rate von Fahrzeugen, welche einen bestimmten Verkehrsabschnitt passieren, und damit zur Erhöhung der mittleren Geschwindigkeit der Fahrzeuge insbesondere bei verstärktem Verkehrsaufkommen wurden bereits herkömmliche Verkehrsleitsysteme entlang besonders stark belasteter Verkehrsabschnitte, wie beispielsweise stark befahrenen Autobahnen usw., fest installiert. Derartige herkömmliche fest installierte Verkehrsleitsysteme besitzen eine Vielzahl von Erfassungsvorrichtungen, die beispielsweise die Verkehrsdichte, die Geschwindigkeit des Fahrzeugstromes, der Umgebungsbedingungen (Temperatur, Nebel) usw. erfassen und anhand der jeweiligen Erfassungssignale den Fahrzeugverkehr entlang des vorbestimmten Abschnitts über Anzeigetafeln derart steuern, dass ein gleichmäßiger Verkehrsfluss bei größtmöglicher Geschwindigkeit entsteht.

Nachteilig bei derartigen herkömmlichen Verkehrsleitsystemen ist die feste Installation entlang eines vorbestimmten Streckenabschnitts, wodurch sich außerordentlich hohe Anschaffungskosten ergeben. Darüber hinaus besitzt ein derartiges fest installiertes Verkehrsleitsystem nur eine geringe Flexibilität, da es ausschließlich den Verkehr in relativ kurzen Abschnitten regelt bzw. leitet.

Zur Erhöhung der Flexibilität schlägt die US-4,706,086 ein Kommunikationssystem zwischen einer Vielzahl von Fahrzeugen vor, bei dem Signale und Informationen entsprechend den jeweiligen Fahrzuständen des Fahrzeugs über eine Sende-/Empfangseinheit mittels elektromagnetischer Funkwellen übertragen wird.

Ferner ist aus der Druckschrift US-A-5,428,544 eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Signalisieren von lokalen Verkehrsstörungen bekannt, bei dem die Fahrzeugdaten bzw. -zustände des Fahrzeugs wie beispielsweise die Geschwindigkeit, die Route und Richtung über Kommunikationseinrichtungen gegenseitig übertragen werden. Die Übertragung der jeweiligen Daten auf ein weiteres Fahrzeug erfolgt hierbei auf indirekte Art und Weise über ein entgegenkommendes Kraftfahrzeug.

Bei den bisherigen Verkehrsleitsystemen werden die Fahrzeugdaten entweder in einem örtlich begrenzten Bereich durch eine festinstallierte Einrichtung erfasst und sind lediglich lokal verfügbar oder sie werden in einem großen Bereich von einer Mehrzahl von mobilen Einrichtungen erfasst, jedoch derart ineffizient weitergeleitet, dass sie ebenfalls lediglich lokal verfügbar sind, wodurch die Planung bzw. Optimierung einer Route von Fahrzeugen über einen lokalen Bereich hinaus unter Berücksichtigung verkehrsrelevanter Größen der gesamten Wegstrecke nicht unterstützt wird. Nicht bekannt hingegen ist eine dynamische Gewinnung von relevanter Verkehrsinformation, bei welcher auf eine an einem ersten Ort gestellte Anfrage an einem zweiten Ort, der vom ersten Ort beliebig entfernt sein kann, eine re-

levante Verkehrsinformation erstellt und effizient an den ersten Ort weitergeleitet wird.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Gewinnung von relevanter Verkehrsinformation zu schaffen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Maßnahmen und Merkmale der unabhängigen nebengeordneten Patentansprüche gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur dynamischen Gewinnung von relevanter Verkehrsinformation und/oder zur dynamischen Optimierung einer Route eines ersten Fahrzeugs, welches einem selbstorganisierenden Verkehrsinformations- und/oder -leitsystem angehört, dem weitere Fahrzeuge angehören, beinhaltet die Schritte: [a] Erstellen von Daten auf der Basis von fahrzeugeigenen Sensoren und/oder anderen Informationsquellen im ersten Fahrzeug; [b] Aussenden von für das erste Fahrzeug oder andere Fahrzeuge relevanten Daten (Broadcast); [c] Empfangen der gesendeten Daten anderer Fahrzeuge; [d] Speichern von Daten, die aus empfangenen und/oder eigenen Daten gewonnen wurden; [e] Erstellen und Senden von Anfragen bezüglich Daten, die möglicherweise andere Fahrzeuge bereitstellen könnten (Request); und [f] potentiell Weiterleiten von empfangenen Daten durch Wiederaussenden dieser Daten in verarbeiteter oder nicht verarbeiteter Form (Replikation).

Damit ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren vom Prinzip her ein autarkes selbstorganisierendes Verkehrsinformationsnetzwerk, in welchem die teilnehmenden Fahrzeuge gleichzeitig die benötigte Information generieren, verteilen, bündeln und nutzen.

Das Verfahren arbeitet auf eine besondere Weise skalennvariant (fraktalhierarchisch), so dass es bezüglich der Verarbeitungsart und bezüglich des Kommunikationsvolumens – zumindest im Hinblick auf dynamische Routenoptimierung und Signalisierung von Verkehrsstörungen (→ Sicherheitsaspekt) – keine Rolle spielt, auf welche Distanzgrößenordnung abgezielt wird.

Das Verfahren funktioniert auf Autobahnnetzen ebenso wie im Straßennetz einer Großstadt.

Insbesondere skaliert das Kommunikationsvolumen gutartig (" $< n \cdot \log n$ ") mit der Gesamtzahl der teilnehmenden Fahrzeuge und der Fläche des Arcals.

Trotz der prinzipiellen Autonomie des Systems können jedoch auch zentral generierte Informationen nahtlos in das System hineingeroutet werden und auch Informationen aus dem System z. B. zu Statistikzwecken extrahiert und zentral gesammelt werden.

Ein enormer Kostenvorteil, optimale Effizienz hohe Fallsicherheit und gleichzeitig ein gebündelter Mehrwert sowie eine einheitliche Benutzerschnittstelle sind deshalb im Vergleich zu bestehenden Verfahren zu erwarten. Zudem ist dieses System bei hohem Ausstattungsgrad als Sicherheitssystem nutzbar.

Daneben bietet das durch dieses Verfahren entstehende Netzwerk auch eine äußerst effiziente Plattform für die Übertragung von Drittdaten bis hin zu Mobiltelefonie. Auch eine Effektivitätssteigerung des entstehenden Kommunikationsnetzwerks durch die Ausnutzung bzw. nahtlose Einbindung eines Backbone-Festnetzes ist problemlos möglich.

Insbesondere beinhaltet das Verfahren und die Vorrichtung der vorliegenden Erfindung folgende Merkmale.

Im Schritt [a] und [d] des Verfahrens werden darüber hinaus Fahrhistoriendaten durch die Fahrzeuge erstellt, wodurch die Aussagekraft der Daten erhöht wird.

Anfragen können von empfangenden Fahrzeugen beantwortet, teilweise beantwortet, weitergeleitet und/oder teilweise weitergeleitet werden (Response und Replikation).

Das Beantworten von Anfragen und/oder Weiterleiten

von Anfragen und anderen Daten erfolgt durch Fahrzeuge mit geeignetem/optimalen Informationsstand bzw. mit günstiger/optimaler aktueller Position für eine Weiterleitung, wodurch eine Optimierung von Beantwortung von Weiterleitung erzielt wird.

Durch das erste Fahrzeug werden Anfragen nach Informationen bezüglich der Befahrbarkeit und sonstiger verkehrsrelevanter Größen auf den in Frage kommenden zukünftig zu befahrenden Wegstreckensegmenten gesendet.

Antworten auf Anfragen des ersten Fahrzeugs an das erste Fahrzeug werden direkt oder per Weiterleitung zurückgeleitet, wobei die Informationen in den Antworten zur opportunen Weiterverwendung auch von übermittelnden Fahrzeugen sowie von Fahrzeugen, die ebenfalls die Antworttelegramme empfangen, abgespeichert, akkumuliert und aufbereitet werden können (Caching und Verwertung).

In den Schritten [b] und [c] des Verfahrens wird eine zu dem ersten Fahrzeug dazugehörige Quellengruppe von Fahrzeugen auf den Empfang der Fahrzeugdatensignale von den jeweiligen Fahrzeugen festgelegt, wobei in den empfangenden Fahrzeugen zum Zwecke der Generierung von Quelldaten für die nachfolgenden Schritte die Daten gespeichert, akkumuliert und vorverarbeitet werden können (Quellenbildung I). Dadurch wird das Kommunikationsvolumen reduziert.

Bei der Vorverarbeitung der Quelldaten können mittlere Geschwindigkeiten, maximale Geschwindigkeiten, Verkehrsdichtemaße, Stau-Sensitivitäten, gebündelte Aktualitätsmaße und/oder gebündelte Relevanz-Maße berechnet werden (Quellenbildung II).

Es können Fahrhistoriendaten, Quelldaten, Zwischenspeicherdaten, insbesondere Daten, die wie oben beschrieben beim Caching und der Verwertung anfallen, und Antwortdaten in den Fahrzeugen jeweils in einer individuellen Karte gespeichert werden, welche eine statische globale Karte überlagert oder parallel dazu besteht, wodurch eine individuelle Karte geschaffen wird.

Die Kartenstruktur wird für Zwecke der internen Verarbeitung und Referenzierung in Übertragungssignalen in Wegstreckensegmente unterteilt, die eine maximale Länge nicht überschreiten (Kartenrepräsentation I).

Wegstreckensegmente der Kartenrepräsentation werden für Zwecke der internen Verarbeitung und Referenzierung in Übertragungssignalen zu Gruppen und Übergruppen mit jeweils eigener Identifizierung zusammengefasst (Kartenrepräsentation II – Kompression durch Hierarchisierung).

Im Schritt [f] wird ein günstiges Fahrzeug aus der Gruppe von Fahrzeugen, welches die Anfrage beantworten und/oder weiterleiten kann, durch ein Bewertungsverfahren ermittelt, wobei in Abhängigkeit von der Aktualität bzw. Relevanz von bereits dem jeweiligen Fahrzeug verfügbaren Daten über die betroffenen Wegstreckensegmente, der Anzahl von Anfragen, die aufgrund bereits verfügbarer Daten beantwortet werden können, und/oder der Entfernung des jeweiligen Fahrzeugs zum nächsten Wegstreckensegment, dessen Anfrage nicht beantwortet werden kann, ein Bewertungsmaß ermittelt wird (Delay-Routing I).

In Abhängigkeit von dem Bewertungsmaß wird eine Verzögerungszeit für die Absendung der Beantwortung und/oder Weiterleitung festgesetzt, die umso kürzer ist, je höher das Bewertungsmaß ist, so dass Fahrzeuge je eher mit dem Senden zum Zuge kommen, je besser das Bewertungsmaß ist (Delay-Routing II).

Ein Fahrzeug A mit einer Sendeabsicht betreffend eine Anfragebeantwortung und/oder -weiterleitung bezüglich einer bestimmten, durch einen Aktions-Code gekennzeichneten Anfrage stoppt die geplante Absendung, wenn es ein Signal bezüglich derselben Anfrage mit demselben Aktions-

Code von einem anderen Fahrzeug B empfängt, welches mit kürzerer Verzögerungszeit dem Fahrzeug A zuvorgekommen ist (Delay-Routing III).

In Schritt [e] des Verfahrens wird bei der Erstellung von 5 Anfragen eine gewünschte Aktualität in die Anfrage ein-codiert (Aktualitätsanforderung).

Es kann das Beantworten einer Anfrage je nach gewünschter Aktualität aus Quelldaten von Fahrzeugen nahe am Zielgebiet der Anfrage oder aus zwischengespeicherten Daten, insbesondere aus Daten, die wie oben beschrieben beim Caching und der Verwertung anfallen, von Fahrzeugen weitab vom Zielgebiet und näher am anfragenden Fahrzeug erfolgen, so dass die Zahl von Anfragenweiterleitungen gering gehalten werden kann (Cache-Nutzung).

Ein erstes Berechnen einer Route des ersten Fahrzeugs von dessen momentaner Position zu einem gewählten Ziel kann anhand statisch gespeicherter oder bereits verfügbarer dynamischer Wegstreckendaten erfolgen (statisches oder dynamisches Routing).

Eine Neuberechnung der Route erfolgt aufgrund geänderter Daten in der individuellen Karte zum Zwecke der iterativen Optimierung der Route (iterative Optimierung).

Die übertragenen Signale beinhalten Informationen bezüglich des Signaltyps, der Fahrzeugidentifizierung, der verwendeten Sendefeldstärke, des Aufenthaltsorts der Fahrzeuge, eines eindeutigen Aktions-Codes, sowie einer Liste von Identifizierungen bisher verwendeter Übermittlungsfahrzeuge als History-Liste (Informationsinhalte I).

Darüber hinaus beinhalten die übertragenen Signale Informationen bezüglich der Wegstreckensegmentidentifizierungen, der Bewegungsrichtung, des Anteils des zurückgelegten Wegstreckensegments, der mittleren Geschwindigkeit, der maximalen Geschwindigkeit, der Fahrzeugdichte und/oder der Aktualität/Zeitmarkierung der Informationen 35 Informationsinhalte II).

Das Festlegen der Gruppe von Fahrzeugen auf den Empfang der Fahrzeugdatensignale von den jeweiligen Fahrzeugen erfolgt durch Festlegen der Sendefeldstärke oder Sendereichweite des ersten Fahrzeugs (Sendereichweite I).

Eine einstellbare Sendefeldstärke der Sendeeinheit kann so geregelt werden, dass im Mittel eine parametrisierbare Maximalanzahl von erreichbaren Fahrzeugen nicht überschritten wird (Sendereichweite II).

In die Sendefeldstärkenregelung können die in den empfangenen Signalen ein-codierten Positionen und verwendeten Sendefeldstärken der benachbarten Fahrzeuge eingehen (Sendereichweite III).

Das Zurückleiten der Beantwortung einer Anfrage kann durch die im Schritt [f] festgelegten Übermittlungsfahrzeuge erfolgen, wobei die oben beschriebene History-Liste verwendet werden kann (Rückleiten I: Ausnutzen der History-Liste).

Das Zurückleiten der Beantwortung einer Anfrage kann durch ein Weiterleitungsverfahren analog der Hinleitung der Anfrage im Schritt [f] erfolgen (Rückleiten II: erneutes Routing).

Das erste Fahrzeug erstellt und sendet eine Mehrzahl von Anfragen bezüglich einzelner Wegstreckensegmente, die jeweils einzeln beantwortet und/oder weitergeleitet sowie beantwortet zurückgeleitet werden, oder eine Anfrage bezüglich der Gesamtheit von Wegstreckensegmenten, wobei die Anfrage bezüglich der Gesamtheit von Wegstreckensegmenten eine Mehrzahl von Teilanfragen bezüglich einzelner Wegstreckensegmente beinhaltet, die nacheinander von den Fahrzeugen der Kette von Übermittlungsfahrzeugen beantwortet bzw. weitergeleitet werden (Kombination von Anfragen).

Es erfolgt eine Beurteilung, ob für ein bestimmtes Weg-

steckensegment eine Anfrage erstellt werden soll (Bewertung der Anfragenotwendigkeit I). Dadurch wird das Kommunikationsvolumen reduziert.

Die Beurteilung, ob für ein bestimmtes Wegstreckensegment eine Anfrage erstellt werden soll, erfolgt in Abhängigkeit der Entfernung des Wegstreckensegments vom momentanen Aufenthaltsort des ersten Fahrzeugs, der geschätzten Zeit bis zum Erreichen des Wegstreckensegments, einem Wichtungsfaktor des Wegstreckensegments, der aus der Vergangenheit bekannten Stauhäufigkeit und/oder der Aktualität bereits verfügbarer Daten über das Wegstreckensegment (Bewertung der Anfragenotwendigkeit II).

Die Zurückleitung nicht beantworteter Anfragen erfolgt in Form von speziell markierten Pseudo-Antworten (Pseudo-Antwort I).

Eine Nichtbeantwortung einer weitergeleiteten Anfrage wird dadurch detektiert, dass bei einer Weiterleitung einer Anfrage durch Fahrzeug A gleichzeitig die Absendung einer Pseudo-Antwort mit hoher Delay-Zeit festgelegt wird (Pseudo-Antwort II).

Die Absendung der Pseudo-Antwort vom Fahrzeug A kann dadurch gestoppt werden, dass ein anderes Fahrzeug B, welches sich in Reichweite des Fahrzeugs A befindet, seinerseits die weitergeleitete Anfrage beantwortet oder weiterleitet, was Fahrzeug A aufgrund des Aktions-Codes der Anfrage erkennen kann (Pseudo-Antwort III).

Es werden eine oder mehrere Gruppen von Fahrzeugen gebildet, die jeweils über Daten bestimmter benachbarter Wegstreckensegmente verfügen, wobei für die jeweiligen Fahrzeuge gemeinsame gruppenrelevante Daten derart verfügbar sind, dass eine Anfrage über Daten solcher Gruppen von jedem Fahrzeug der Gruppe beantwortet werden kann oder durch wenige Weiterleitungen eine Beantwortung erfolgen kann (Quellenhierarchisierung I).

Aus den Gruppen werden eine oder mehrere übergeordnete Gruppen gebildet, die jeweils über Daten bestimmter benachbarter Wegstreckensegmente verfügen, wobei für die jeweiligen Fahrzeuge gemeinsame übergruppenrelevante Daten derart verfügbar sind, dass eine Anfrage über Daten solcher Übergruppen von jedem Fahrzeug der Übergruppe beantwortet werden kann oder durch wenige Weiterleitungen eine Beantwortung erfolgen kann (Quellenhierarchisierung II). Fahrzeuge der Gruppe erstellen und senden Datensignale, die Informationen bezüglich der Lage, Ausdehnung und minimalen Lebensdauer der Gruppe beinhalten (Quellenhierarchisierung III - Gruppenprotokoll). Gruppendaten können dabei mittlere Geschwindigkeiten, maximale Geschwindigkeiten, Fahrzeugdichtemaße, Aktualitäten/Zeitmarkierungen und/oder Informationsrelevanzmaße bezüglich der Gesamtheit der Fahrzeuge der Gruppe beinhalten (Quellenhierarchisierung IV - Gruppendaten). Des weiteren kann eine Gruppenbildung dadurch erfolgen, dass Gruppenbildungswünsche eines oder mehrerer Fahrzeuge oder Untergruppen akkumuliert werden und dass die tatsächliche Gruppenbildung erst bei einer Schwellwertüberschreitung festgelegt wird (Quellenhierarchisierung V - Gruppenbildung).

Information werden beim Rücklauf von Antworten auf Anfragen oder bei der Zwischenspeicherung in Übermittlungsfahrzeugen inhaltlich insbesondere auf die bezüglich der Kartenrepräsentation II und Kompression durch Hierarchisierung dargestellte Weise zusammengefasst, so dass Daten aus größerer Entfernung vom Anfrager stärker komprimiert/gröber aufgelöst werden können (Integration).

Ausgesendete Datensignale werden analog der Verarbeitung von Anfragen im Schritt [F] sowohl entlang eines eindimensionalen Kanals hin zu einem Zielort als auch flächenhaft in ein in das Datensignal ein-codiertes weiträumigeres

Zielgebiet weitergeleitet (Integration).

Die Datensignale beinhalten Informationen, die aufgrund eines besonderen Ereignisses von einem Fahrzeug erstellt und gerichtet oder ungerichtet gesendet werden (Event-Broadcast).

Einem Fahrzeug oder einer Gruppe von Fahrzeugen werden externe Daten zur gerichteten oder ungerichteten Weitergabe zugeführt, wobei auch eine Gruppenbildung durch diese externen Daten veranlasst werden kann (Zuführung externer Daten an Fahrzeuge oder Gruppen).

Es werden Informationen bezüglich einer Stauprognose oder sonstiger verkehrsrelevanter Größen aus dem System extrahiert und extern gespeichert, wobei zur Gewinnung der relevanten Größen auch eine Gruppenbildung von innerhalb oder außerhalb des Systems veranlasst werden kann (Extraktion von Verkehrsdaten).

Die übertragenen Daten beinhalten Informationen bezüglich Verkehrsanbindung an andere Verkehrsverbünde wie Bahn-, U-Bahn-, S-Bahnverkehr, Flugverkehr und/oder Schifffahrt (Intermodaler Verkehr).

Die externen Daten beinhalten Informationen bezüglich einer Stauprognose (External Prediction).

Es werden Informationen bezüglich einer Stauprognose aufgrund in der Vergangenheit erfasster und zyklisch auftretender Ereignisse aus den Fahrzeugdatensignalen generiert und gesendet, wobei zum Zwecke der zyklischen Stauprognose auch eine Gruppenbildung initiiert werden kann (Periodical Prediction).

Des weiteren werden Informationen bezüglich einer Stauprognose aufgrund von in jüngerer Vergangenheit erfasster Ereignisse aus den Datensignalen durch Extrapolation der Verkehrsflüsse oder Simulation generiert und gesendet, wobei zum Zwecke der simulativen Stauprognose auch eine Gruppenbildung initiiert werden kann (Simulative Prediction).

Es werden die Informationen bezüglich einer Stauprognose und/oder sonstiger verkehrsrelevanter Größen innerhalb einer festzulegenden Gruppe von Fahrzeugen abgelegt und bestehen dort weiter (Persistenz von Stauprognosen).

Die Fahrzeuge sind Landfahrzeuge für den Straßen- oder Schienenverkehr, Wasserfahrzeuge, Luftfahrzeuge oder sonstige mobile bemannte oder unbemannte Einheiten, die sich in einem gemeinschaftlich genutztem Verkehrsraum fortbewegen und die mit einer begrenzt reichweitigen Kommunikationseinrichtung ausgestattet werden können (allgemeine Fahrzeuge).

Darüber hinaus können "Fahrzeuge" auch besondere "Pseudo-Fahrzeuge" sein, die speziell kommunikativen Zweck haben, Datensignale aus dem System heraus- oder in das System hineinsenden, Drittdaten einspeisen, nicht unbedingt mobil sein müssen, zumindest aber mit einer kompatiblen Kommunikationseinrichtung ausgestattet sind (Pseudo-Fahrzeuge).

Über ein Pseudo-Fahrzeug oder eine Station wird eine Verbindung zu einem anderen Telekommunikationsnetzwerk hergestellt (Verbindung zu einem anderen Telekommunikationsnetzwerk).

Es werden miteinander durch ein externes Kommunikationsnetzwerk verknüpfte Pseudo-Fahrzeuge oder Stationen geschaffen, welche eine günstigere Verbindung zwischen den Fahrzeugen untereinander oder zwischen den Fahrzeugen und einem außerhalb des Verkehrsleitsystems befindlichen Sender/Empfänger herstellen (Backbone-Netz).

Durch die Übertragungseinrichtungen der Fahrzeuge und/oder der Pseudo-Fahrzeuge/Stationen und die oben beschriebene Art und Weise der Signalübertragung wird ein allgemeines Telekommunikationsnetzwerk geschaffen (Bildung eines allgemeinen Telekommunikationsnetzwerks).

Des weiteren werden durch das erfindungsgemäße Verfahren Daten bezüglich einer gefährlicher Annäherung des ersten Fahrzeugs an ein anderes dem Verkehrsleitsystem angehörigen Fahrzeugs oder an eine dem Verkehrsleitsystem angehörige Gruppe erzeugt und/oder übertragen (Sicherheitssystem).

Entsprechend dem Verfahren der vorliegenden Erfindung wird eine Vorrichtung zum Ermitteln und Optimieren einer Route eines ersten Fahrzeugs, welches einem Verkehrsleitsystem angehört, dem weitere Fahrzeuge zugeordnet sind, geschaffen mit: einer Erfassungsvorrichtung zum Erfassen von zu sendenden lokalen Fahrzeugdaten; einer Send-/Empfangsvorrichtung zum Senden/Empfangen von Funksignalen, die jeweilige zu sendende/empfangende Fahrzeugdaten enthalten; einer Feldstärke-Einstellvorrichtung zur freien Einstellung einer bestimmten Sendefeldstärke bis hin zu einer maximalen Sendefeldstärke; einer Feldstärke-Erfassungsvorrichtung zum Erfassen der Feldstärke der jeweils empfangenen Funksignale; einer Speichervorrichtung zum Speichern von Daten; einer Gruppenfestlegungsvorrichtung, welche auf den Empfang der Fahrzeugdaten der jeweiligen Fahrzeuge eine dem ersten Fahrzeug zugehörige Gruppe festlegt; einer Routenfestlegungs- und -segmentierungsvorrichtung, welche anhand von gespeicherten Wegstreckendaten eine Route des ersten Fahrzeugs von dessen momentaner Position bis zu einem gewählten Ziel festlegt und in Wegstreckensegmente unterteilt; und einer Routenoptimierungseinrichtung, welche eine Anfrage über Fahrzeugdaten, welche Informationen bezüglich der Befahrbarkeit der jeweiligen Wegstreckensegmente beinhalten, an die Gruppe von Fahrzeugen stellt und anhand von auf die Anfrage empfangenen Fahrzeugdaten eine optimierte Route bestimmt (Aufbau der intelligenten Kommunikationsvorrichtung).

Eine Verzögerungszeitsignalerzeugungsvorrichtung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist derart ausgebildet, daß in Abhängigkeit von einem frei festlegbaren Zeitverzögerungswert ein Datensignal erst nach Ablauf der festgelegten Verzögerungszeit abgesendet wird (Delay-Erzeugung I).

Des weiteren enthält die erfindungsgemäße Vorrichtung eine Steuervorrichtung, die derart ausgebildet ist, daß die Absendung des verzögerten Datensignals vor Ablauf der Verzögerungszeit nachträglich gestoppt werden kann (Delay-Erzeugung II).

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben.

Die einzige Figur zeigt eine schematische Darstellung der Durchführung der Kommunikation zwischen Fahrzeugen eines Verkehrsleitsystems.

Zur Durchführung des Verfahrens der vorliegenden Erfindung ist ein Fahrzeug ausgestattet mit einer:

- Kommunikationseinheit (Sende/Empfangsvorrichtung) zur Kommunikation auf Fahrzeug-Fahrzeug-Ebene
- Vorzugsweise wird eine digitale gemultiplexte Übertragungsnorm ähnlich wie bei digitalen Mobilfunknetzen verwendet. Die Norm sollte idealerweise ein asynchrones Protokoll fahren. Auf unterer Ebene sollte zweckmäßigerweise ein "Collision Detection"-Verfahren mit Fehlerkorrektur verwendet werden (ähnlich Ethernet). Im Prinzip könnte jedoch auch eine analoge Norm mit entsprechenden Korrekturverfahren ausreichen. Die Kommunikationseinheit sollte idealerweise mit von einer Rechneinheit geforderten Sendeleistung von 0 bis zu einer maximalen Sendeleistung von beispielsweise 5 Watt betrieben werden können.

- Rechneinheit

An die Rechneinheit werden mittlere Anforderungen an Rechengeschwindigkeit und Speicherplatz gestellt. Die Rechneinheit sollte über ein Kartenmodul (z. B. auf CD-ROM) verfügen.

- Bewegungssensorik (Vorrichtung zur Erfassung von Fahrzeugdaten)

Die Bewegungssensorik weist einen Geschwindigkeits- und Richtungssensor, idealerweise ein GPS-Modul auf. Weitere Sensoren können eingebunden werden.

Die Verfahrensschritte werden insbesondere unter Steuerung der Recheneinheit durchgeführt bzw. veranlaßt.

Grundeinheit der internen Karte bzw. des Kartenmoduls der Rechneinheit ist ein Streckenabschnitt. Alle Straßenzüge sind in der internen Karte als Zusammensetzungen von Streckenabschnitten dargestellt. Die Verbindungspunkte zwischen Streckenabschnitten werden als Knoten bezeichnet. Abbiegevorschriften, Einbahnstraßen u. ä. sind als Einschränkungen auf den Streckenabschnitten/Knoten definiert.

Bei dem Verfahren der vorliegenden Erfindung wirken gleichzeitig verschiedene Prozesse zusammen, die im folgenden nacheinander beschrieben werden. Dabei ist eine Anzahl von Parametern sinnvoll zu wählen, was jedoch erst bei einer konkreten Installation des Verfahrens, bzw. mit Hilfe einer detaillierten Simulation geschehen kann. Angegebene Parameter sind daher Vorabschätzungen.

#### Ungerichteter Broadcast/Defaultaktion

Alle teilnehmenden Fahrzeuge führen "unaufgefordert" eine Defaultaktion durch, sie senden z. B. in einem bestimmten zeitlichen Abstand (z. B. 2 min) ihre Bewegungsdaten als ungerichteten Broadcast (Sendung) "unterster Hierarchiestufe". Die gesendeten Daten umfassen Informationen über die jüngere Fahrgeschichte, also z. B. die mittlere Fahrgeschwindigkeit auf den Streckenabschnitten, die in den letzten 5 min befahren wurden. Alle Fahrzeuge im Umkreis von ca. der beabsichtigten Sendereichweite empfangen das Broadcastsignal.

Ein offener Parameter ist hierbei noch die zu verwendende Sendefeldstärke, welche die Sendereichweite bestimmt. Diese ergibt sich aus einem Regelvorgang. Zu Anfang wird eine geeignete Defaultsendestärke benutzt. Die benutzte Sendestärke wird jeweils auch mit in den Broadcast codiert.

Jedes Fahrzeug erfährt nun im Laufe der Zeit die Daten von den umgebenden Fahrzeugen. Es weiß dann ungefähr die Fahrzeugdichte bzw. die Dichteverteilung in der Umgebung. Daraufhin kann es seine Sendestärke so abstimmen, dass ca. eine vorgegebene Maximalanzahl von Fahrzeugen mit einem Broadcast erreicht werden kann (z. B. 100 Fahrzeuge). Da die verwendete Sendestärke immer mit-codiert ist, kann auch ständig der Zusammenhang zwischen Sendestärke und zu erwartender Sendereichweite (abhängig von Umgebungsbedingungen) nachjustiert werden, und das evtl. sogar richtungsabhängig. Letztenendes soll durch die Sendefeldstärkenregelung erreicht werden, dass bezüglich der Kanalauslastung und des konkret verwendeten "Collision Detection"-Verfahrens entsprechend der Anforderungen der Kommunikationsschicht eine für die Gesamtheit der Fahrzeuge optimale Übertragungsbandbreite zur Verfügung steht. Auch im Sinne eines gutartigen Skalierens des Kommunikationsvolumens, wobei ein Systemzusammenbruch auch bei erhöhter Teilnehmerzahl nicht auftritt, ist es wichtig, dass (z. B. im Zentrum einer Großstadt) nicht zu viele

Fahrzeuge von einem einzelnen Broadcast erreicht werden.

Das vorliegende erfindungsgemäße Verfahren muß also noch keine zu speziellen Anforderungen an die unterste Übertragungsschicht stellen, sondern kann in weiten Bereichen durch Einstellung von wenigen Parametern an ein konkretes Kommunikations-Setup angepasst werden.

Durch den ungerichteten Broadcast entstehen informationsmäßig (verschmierte) Gruppen bezüglich der Streckenabschnitte. Z. B. "wissen" ca. 30 Fahrzeuge über die Bewegungsdaten auf einem bestimmten Autobahnabschnitt oder einem dichtbefahrenen Innenstadt-Streckenabschnitt. Alle Informationseinheiten, die übertragen werden, tragen eine Zeitmarke, welche die jeweilige Aktualität kennzeichnet, sowie eine Relevanzmaß, das kennzeichnet, wie zuverlässig/vollständig die Information ist (z. B. Prozentsatz des bereits befahrenen Streckenabschnitts). Aus dieser Bewertung und Akkumulation der Daten von verschiedenen Fahrzeugen ergibt sich somit ein "Bild" von dem gesamten Verkehr, und dieses "Bild" ist verteilt in den Gruppen abgelegt. Es können verschiedene Bewegungsvariablen/-parameter akkumuliert werden, z. B. mittlere Fahrgeschwindigkeit/Fahrzeit, maximale Fahrgeschwindigkeit, Verkehrsdichte, Stausensitivität (aus Langzeitintegration), usw.

### Der Request

Der Request arbeitet dabei eng mit der eigentlichen dynamischen Routenplanung zusammen: Ausgangspunkt der dynamischen Routenplanung ist eine statische Routenplanung. Die Rechneinheit eines Fahrzeugs berechnet sozusagen zunächst konventionell entsprechend der eingebauten Karte, welche vorläufige Daten über maximale Reisegeschwindigkeiten auf den Streckenabschnitten enthält, ein vorläufige optimale Route.

Für diese aktuell ins Auge gefaßte Route wird nun versucht, herauszufinden, ob die zugrundeliegenden maximalen Reisegeschwindigkeiten (evtl. auch andere abgeleitete Basisparameter wie Benzinverbrauch, Umweltbelastung, ...) korrekt sind.

Dazu werden über die Sende-/Empfangsvorrichtung des Fahrzeugs für die Streckenabschnitte Anfragen (Requests) über die Bewegungsdaten abgesetzt. Alle Streckenabschnitte der Route werden durchgegangen, wobei entschieden wird, ob ein Request für den jeweiligen Streckenabschnitt überhaupt derzeit erforderlich ist. Denn ein Request ist teuer in dem Sinne, dass er einen Kommunikationsvolumen bzw. -aufwand verursacht. Es wird gewissermaßen die Wichtigkeit für einen Request den jeweiligen Streckenabschnitts abgeschätzt. Nur wenn die Bewertung einen gewissen Level überschreitet (z. B. in einem normalisierten Bewertungssystem den Wert 1), wird der Streckenabschnitt für den Request vorgemerkt. Die Kriterien für die Abschätzung der Wichtigkeit sind z. B. Entfernung des Streckenabschnitts in der geplanten Route vom jetzigen Standort aus, geschätzte Fahrzeitentfernung des Streckenabschnitts, Wichtigkeit der Straße auf der sich der Streckenabschnitt befindet ("Roadclass") und/oder Aktualität der bereits vorhandenen Daten über den Streckenabschnitt. Wenn bereits Daten mit einer Aktualität von -3 min vorliegen, braucht ein Request bezüglich des betreffenden Streckenabschnitts nicht abgesetzt zu werden.

Durch die Überprüfung der Streckenabschnitte nach diesen Kriterien ergibt sich dann eine Liste von Streckenabschnitten, für die eine Request abzuschicken ist. Im Request wird auch eine gewünschte Mindestaktualität eingetragen. Zusammenhängende Streckenabschnitte in dieser Liste können dann mit einer üblichen Segmentierungsmethode zusammengefasst werden, so dass ein gebündelter Request ge-

bildet werden kann. Im Prinzip kann auch ein einziger gebündelter Request für alle Streckenabschnitte in der Liste gebildet werden, der dann während der anschließenden unten beschriebenen Request-Repetition stückweise aufgebrochen bzw. abgearbeitet wird. Darüber hinaus wird der Request mit einem eindeutigen Aktions-Code (s. u.), der u. a. Informationen darüber enthält, wer welche Anfrage beantwortet bzw. weitergeleitet hat, als auch mit einem auf 0 gesetzten Repetitionszähler versehen, der die Anzahl von Weiterleitungen wiedergibt.

### Requestverarbeitung/Repetition

Der Request wird nun entsprechend der Figur ausgedet. Als Sendefeldstärke wird jener Wert genommen, der sich aus dem oben beschriebenen Regelmechanismus beim Broadcast ergibt. Der Request wird von allen Fahrzeugen innerhalb des Sendebereichs "gehört". Diese Fahrzeuge nehmen nun eine Bewertung vor. Sie schätzen aus den Ihnen vorliegenden Daten (aus dem Broadcast- oder dem unten beschriebenen Cachesignal) ein Antwortpotential bzw. -vermögen und ein Repetitionspotential bzw. -vermögen (→ Weiterübermittlung des Request) ab. Dabei Kriterien berücksichtigt wie z. B.: wie gut können die Requests beantwortet werden (Aktualität, Relevanz (s. o.)); wie viele Requests (Anzahl bzw. Prozentsatz der Streckenabschnitte) können beantwortet werden – nur wenn eine gewisser Schwellenwert erreicht wird, ist das Gesamtantwortpotential größer als 0, damit kein zu kleinen Aufsplittings der Requests forciert werden; wie gut steht das Fahrzeug in der Richtung hin auf den nächsten Streckenabschnitt, dessen Request nicht beantwortet werden kann.

Aus dieser Bewertung nun ergibt sich ein Ranking-Wert (z. B. 0 ... 1), welcher Antwort- bzw. Repetitionspotential entspricht. Aus dem Ranking-Wert wird eine Delay-Zeit errechnet. Dabei ergibt eine hoher Ranking-Wert eine kurze Delay-Zeit, und Bewertungen, die nicht nur ein Repetitionspotential, sondern auch ein Antwortpotential größer 0 haben, ergeben grundsätzlich eine kürzere Delay-Zeit, als Bewertungen nur mit Repetitionspotential. Die Parameter sind so zu wählen, dass möglichst nur Fahrzeuge in einem Kegel in Richtung auf das nächste Routensegment ein Potential größer 0 bekommen wie in der Figur dargestellt. Anschließende Repetitionen können dann untereinander gehört werden.

Sowohl die geplante Repetition (mit Requests bzgl. der restlichen Streckenabschnitte) als auch die geplante Antwort werden zusammen mit der berechneten Delay-Zeit in ein Senderegister gestellt bzw. abgespeichert. Dadurch entsteht ein Stapel von "Sendeabsichten".

Dieser Stapel wird dann im Laufe der Zeit durchgearbeitet. Wenn die jeweilige Delay-Zeit abgelaufen ist, wird das entsprechende Paket versendet. Wenn jedoch in der Zwischenzeit eine Antwort oder eine Repetition mit demselben Aktions-Code und mindestens genauso großem Repetitionszähler eingetroffen ist, so ist ein anderes Fahrzeug der beachteten Sendeaktion zuvorgekommen. Offensichtlich hatte dieses Fahrzeug ein höheres oder vergleichbares Antwort-/Repetitionspotential. Die entsprechenden Einträge aus dem Stapel werden dann gelöscht (→ Selektion des Max. Fittest). Wenn ein Paket mit demselben Aktions-Code und niedrigerem Repetitionszähler eintrifft, so wird das Paket ignoriert. Das führt dazu, dass uneffiziente sich selbstständigende Requestzyklen vernichtet werden. Jedes Fahrzeug kann auch eine Liste mit jüngeren Request-Aktions-Codes führen, anhand derer nichtoptimal herumirrende Request-Ketten von der Repetition bzw. Beantwortung abgehalten werden und so recht bald vernichtet werden.



Es ergibt sich nun sukzessive eine Weiterleitung und Teilbeantwortung von Requests. Im ungünstigsten Falle müßte ein Request so die gesamte Route in Sprüngen von ca. dem mittleren Senderadius ablaufen.

#### Rücklauf der Information (Answer)

Auf einen Request folgt irgendwann eine Beantwortung (Answer), meist in Form einer Teilbeantwortung. Es wird nun versucht, die Antwort auf demselben Weg zum Empfänger zurückzurouten, auf der der Request eingetroffen ist. Während der Request-Phase wird bei jeder Repetition ein History-Stapel von übermittelnden Fahrzeugen im Request-Protokoll erweitert. Dabei wird jeweils die Fahrzeug-ID (Fahrzeug-Identifizierung) in den Stapel eingetragen. Anhand dieses ID-Stapels kann während des Answer-Zyklus immer genau dasjenige Fahrzeug, das am Ende dieser Liste steht, eindeutig die Answer-Repetition übernehmen und dabei die eigene ID vom History-Stapel nehmen. Man geht hierbei davon aus, dass die Fahrzeugbewegungen wesentlich langsamer sind, als die Gesamtlaufzeiten der Kommunikation, so dass sich das Muster der Sendebereiche beim Answer gegenüber dem Request kaum geändert hat. Es würde also nur sehr selten der Fall auftreten, dass beim Zurücklaufen der Antwort ein Fahrzeug im History-Stapel nicht mehr erreichbar ist. In einem solchen Fall kann die Antwort jedoch ohne besondere Gegenmaßnahmen schadlos verlorengehen. Beim nächsten Request-Generierungs-Zyklus des anfragenden Fahrzeugs wird dies wegen der nicht aktuellen Daten für die betroffenen Streckenabschnitte auffallen und bevorzugt schnell ein neuer Request gestartet werden.

Im Prinzip könnte die Antwort aber auch nach demselben aufwendigen Verfahren wie beim Request geroutet werden, also rein durch Repetition hin auf den Quellort des Request, mit jeweiliger Bewertung durch ein Repetitionspotential, Delay-Routing usw. wie oben geschildert.

Beim Answer-Routing können wieder dieselben, schon für den Broadcast und den Request verwendeten Sendefeldstärken verwendet werden. Notfalls kann die Sendefeldstärke zwecks größerer Sicherheit bzgl. der Erreichbarkeit auch leicht erhöht sein.

Bei alleiniger Verwendung des beschriebenen Request-/Answer-Mechanismus würde das Verfahren im Prinzip schon wirksam werden. Jedoch würde das Kommunikationsvolumen unnötig hoch sein und vor allem nicht gutartig mit den Fahrstreckenlängen, der Größe des Straßennetzes und der Anzahl der Fahrzeuge skalieren. Für die Übermittlung nichtkohäsiver Drittdaten (z. B. Telefonie oder Car-Internet) würde das beschriebene Routing allerdings schon die Hauptbasis sein.

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich nun noch besonders durch die im folgenden beschriebenen hierarchisierend wirksamen Mechanismen aus.

#### Caching

Beim Zurücklaufen der angefragten Information über die Streckenabschnitte wird die Information auch von den übermittelnden Fahrzeugen sowie allen Fahrzeugen, die auch davon hören, in einen speziellen als Cache ausgezeichneten Bereich der individuellen Karte abgelegt. Wenn nun weitere Requests (von anderen Fahrzeugen) eintreffen und die Aktualität der Daten im Cache ausreicht, um den Request zu beantworten, so braucht der Request nicht mehr repetiert zu werden, sondern kann direkt aus dem Cache beantwortet werden. Dieser Mechanismus wirkt wiederum selbststabilisierend, da gerade bei hohem Staupotential, hohen Ver-

kehrsdichten und damit großem Kommunikationsaufwand eine große Zahl gleichartiger Requests anfallen, die dann nur noch sehr selten bis zum Zielgebiet laufen müssen.

Bei Speicherknappheit (obwohl dies bei den vergleichsweise geringen Informationsmengen und den großen zur Verfügung stehenden Speichern heutzutage kein Problem darstellt), kann ein Fahrzeug jeweils veraltete Daten aus dem Cache entfernen, und es kann, wenn bekannt ist, dass auch benachbarte Fahrzeuge die Information speichern, die Aufnahme der Daten in den Cache mit einer Wahrscheinlichkeit kleiner als 100% vorgenommen werden.

#### Integration

Überschüssige Rechenkapazität der Rechereinheit kann dazu verwendet werden, die Informationen im Cache zu Sinneinheiten zusammenzufassen. Beispielsweise könnten Informationen über Städte oder Stadtteile, Umgehungsstraßen, lange Autobahnstrecken, Ansammlungen von Grenzübergängen zu gebündelten Informationen zusammengefasst werden (Beispiel: Zählfließender Verkehr auf dem gesamten "Mittleren Ring" in München). Zum einen können durch die zusätzliche Beantwortung von entsprechenden Requests mit solchen gebündelten Informationen uneffiziente Request-Iteration verhindert werden. Andererseits können solche durch Integration generierten Informationseinheiten aber nicht nur in die Routenplanung einfließen, sondern beispielsweise auch dem Fahrer auf einem Display oder per Sprachausgabe u. ä. als sinnvolle zusammengefaßte Hintergrundinformation präsentiert werden. Das Integrationsverfahren kann z. B. zusätzliche vordefinierte Bereichsmarkierungen in der eingebauten Karte (Städteabgrenzungen, Autobahnstreckenzüge, usw.) verwenden.

Dynamische Gruppenbildung auf höheren Hierarchiestufen

Der oben beschriebene ungerichtete Broadcast erreicht nur Fahrzeuge im Bereich einer mittleren Sendereichweite. Wenn nun jedoch eine Information über bestimmte Streckenabschnitte oder Streckenzüge oder andere Integrationseinheiten (s. o.) häufig durch Requests angefordert wird, können die übermittelnden Fahrzeuge veranlassen, dass die Fahrzeuge, die sich auf diesen Strecken befinden, von sich aus Daten in einer weiteren Umgebung verbreiten – bevorzugt in Richtung, aus der die meisten Requests kommen. Fahrzeuge, welche sich auf derart häufig angefragten Integrationseinheiten bewegen, werden also zu Gruppen (zunächst auf Hierarchiestufe 1) zusammengefasst. Wie alle anderen Informationen sind auch solche Gruppenbilde zunächst von temporärer Natur. Sie zerfallen von sich aus mit einer bestimmten Zeitkonstante, wenn der Auslöser für die Gruppenbildung (starkes Requestvolumen) wegfällt. Die Gruppen sind an den Ort gebunden (Streckenzüge, Stadtteile, Autobahnsegmente, ...) und nicht an bestimmte Fahrzeuge. D. h., wenn Fahrzeuge neu in Streckenabschnittsagglomeration einfahren, über die eine Gruppenbildung stattfand, so werden sie Teil der Gruppe. Durch vorhergehende Gruppenbroadcasts, die auch jenseits der Gruppengrenzen zu empfangen sind, erfahren solche Fahrzeuge in der Regel schon vor Betreten eines derartigen Streckenabschnitts von der Existenz der Gruppe. Bei Verlassen des Gruppengebiets geben die Fahrzeuge auch Ihre Gruppenzugehörigkeit auf und Versenden/Replizieren keine Gruppenbroadcasts mehr.

Das Initialisieren einer Gruppe erfolgt durch Fahrzeuge, die Requests aufsplitten bzw. bei den Requests zusammenlaufen. Solche Fahrzeuge sind in der Regel nicht Teil der Gruppe, da sie meist die Gruppen "von außen" sehen (→ eine Art von Gruppensprecher). Zur Generierung einer

Gruppe wird eine Generierungsrequest an die betroffenen Streckenabschnitte geschickt (Routing wie oben beschrieben). Die Generierung einer Gruppe erfolgt aus Stabilitätsgründen nun auch nicht direkt beim ersten Initialisierungsversuch durch ein Gruppensprecherfahrzeug. Vielmehr wird bei dem betroffenen Fahrzeug ein "Zähler" für einen bestimmten Gruppenwunsch hochgezählt. Dieser Zähler würde ohne weitere Aktionen mit einer bestimmten Zeitkonstante wieder verfallen. Erst wenn mehrere Anforderungen ( $\rightarrow$  Schwellwert) zur Gruppenbildung eintreffen (auch von verschiedenen Fahrzeugen und aus verschiedenen Richtungen) und die "Gruppenwünsche" sich hinreichend überlappen, wird eine Gruppe das erstemal etabliert. Eine solche Initialisierung einer Gruppe kann von einem späteren Gruppenteilnehmer aus erfolgen, bei dem als erstes der Zähler den Schwellwert überschreitet. Ein erster Gruppenbroadcast kann dazu auf Protokollebene verwendet werden.

Gruppendaten sind das Gebiet der Gruppenquellfahrzeuge, sowie das Zielgebiet zur Verbreitung der Gruppeninformation (z. B. Keulenform in eine Richtung, aus der viele Requests eintreffen).

#### Technik des Gruppenbroadcast/Area-Broadcast

Jedes Fahrzeug der Gruppe sendet mit einer bestimmten zeitlichen Wahrscheinlichkeit statistisch ein Broadcastsignal aus. Jeder Broadcast trägt einen bestimmten Actions-Code, anhand dessen die Broadcast-Replikation koordiniert wird. Fahrzeuge, die sich im Randbereich des Empfangsbereichs aufhalten, führen nach demselben Verfahren wie oben bei der Request-Repetition beschrieben eine Replikation des Protokolls durch, nur hat der Area-Broadcast keine lokales punktförmiges Zielgebiet, sondern breitet sich flächig bis an die Grenzen des Gruppenzielgebiets aus.

In der Weiterführung des Verfahrens können nun Hierarchien von Gruppen entstehen. Dies kann einerseits in der Art und Weise geschehen, dass Fahrzeuge, die Quelldaten liefern, gleichzeitig an mehreren immer großräumigeren Gruppen teilnehmen, wobei Gruppen gleicher Hierarchiestufe sich auch überlappen können ( $\rightarrow$  "induzierte durchmischte Hierarchien"). Dieser Prozess kann andererseits in der Form geschehen, dass gebündelte Gruppendaten selbst wieder als Informationsbausteine für Übergruppen dienen ( $\rightarrow$  "echte Hierarchien"). Das Zusammenfassen von Gruppen zu Übergruppen erfolgt wiederum wie oben beschrieben durch (i.d.R. externe) Informationsübermittlerfahrzeuge, welche (meist von außen) aufgrund der Routing-Tätigkeit die Nützlichkeit einer Zusammenfassung der Gruppen "erkennen". Wichtig ist, dass die Gruppen immer dynamisch erzeugt werden und gegebenenfalls mit der Zeit auch von selbst wieder zerfallen, wenn der Beweggrund für die Gruppenbildung wegfällt.

#### Wide-Area-Broadcast

Gemäß dem eben beschriebenen Gruppen-Broadcast-Verfahren können auch beliebige andere Informationen flächmäßig in einem (beliebigen) Zielgebiet verbreitet werden. Solche eventartigen Informationen können sein: besondere Ereignisse wie Unfälle (Auslösen eines Airbag, ...) und Hilferufe; Suchprotokolle, mittels derer der Aufenthaltsort eines Kommunikationsteilnehmers ermittelt werden kann, um anschließend einen Kommunikationskanal zu errichten; in das Netz eingespielte Drittdaten, wie z. B. (mehr oder weniger) lokale Verkehrsnachrichten und Stauvorhersagen; u.v.m.

#### External Prediction/Intrinsic Prediction

Das bisher beschriebene Verfahren liefert sehr effizient aktuelle Verkehrsdaten. Bei der Planung von längeren Reiserouten ist jedoch oft interessant, ob z. B. der Verkehr in 200 km Entfernung in 2 Stunden immer noch so aussieht, wie er sich zum aktuellen Zeitpunkt darstellt. Solche Verkehrsvorhersagen sind insbesondere für staugefährdete Autobahnabschnitte interessant. Wie oben bereits angedeutet, kann eine Lösung des Problems sein, dass Verkehrsnachrichtendienste von außen Drittdaten wie z. B. Stauprognosen per Wide-Area-Broadcast in das Netz einspielen. Ein andere Lösung ist, dass die Prognosegenerierung im Netz zum Ziel automatisch geschieht.

Ausgangspunkt ist in beiden Fällen, dass für derartige gefährdete "prognosewürdige" Verkehrsbereiche Gruppen nach dem oben beschriebenen Muster eingerichtet werden. Denn nur Gruppen können dauerhaft ortsgesundene Daten vor Ort halten (durch iterative Übergabe zwischen Fahrzeugen).

Im Falle einer externen Prediction kann von der Prediction-Versendestelle aus die Bildung einer Gruppe in dem Gebiet veranlasst werden, für den eine Stau- oder sonstige Prediction gemacht werden soll, und anschließend die Prediction an die Gruppe übergeben werden. Das örtliche Laufmuster eines solchen Gruppenbildungs- oder Predictionstelegramms bzw. -datenpakets sieht dann so ähnlich aus wie ein Atompilz. Zunächst läuft es wie bei einem Request entlang einem Korridor zum Zielgebiet und breitet sich dort dann flächenmäßig aus. Die Gruppe bleibt dann mindestens solange bestehen, wie die Laufzeit der Prediction es verlangt (die Prediction-Sendestelle ist dann sozusagen der Hauptgruppensprecher). Bei einem Request in den Gruppenbereich hinein kann dann in der Antwort (Answer (s. o.)) auch die Prediction mitgesendet werden.

#### Automatische Prognose

Bei Staubildung kommt es zunächst zur Bildung geeigneter Gruppen, da bei Staus die Kriterien, welche oben zur Generierung von Gruppen genannt wurden, automatisch erfüllt sind. Wenn nun in einem Gebiet wiederholt Staus auftreten (z. B. im Tagesrhythmus) und dies während der Lebensdauer der Gruppe auffällt, so kann zunächst die weitere Mindestlebensdauer der Gruppe hochgesetzt werden, um sozusagen dieser Sache noch länger nachzugehen. Wenn sich nun der Verdacht einer periodischen Störung erhärtet (die erforderliche einfache Mustererkennung zur Detektierung von periodischen Störungen kann in allen Fahrzeugen ablaufen; grundsätzlich gilt das oben genannte Muster der "Wunschakkumulierung": erst wenn mehrfach der Wunsch zur "Benennung" einer periodischen Störung kommt, bekommt dieses Wissen in der Gruppe faktische Gültigkeit), wird das Wissen darüber als "Periodical Prediction" in den Gruppenspeicher aufgenommen und gleichzeitig die Mindestlebensdauer/Verfallszeitkonstante der Gruppe hochgesetzt (z. B. 5-mal die Periodendauer der Störung). Es kann jedoch sein, dass eine normale Gruppenlebensdauer nicht ausreicht, um zum erstenmal den Verdacht einer periodischen Störung zu erhärten (z. B. weil die Gruppen nicht die nächste verkehrsarme Nacht überleben würde). Abgesehen davon, dass so etwas dann von einer externen Providerstelle initialisiert werden könnte (und im Gegensatz zu oben nicht weiter gepflegt werden müßte), gibt es auch automatische Möglichkeiten:

1. Simple Möglichkeit: Gruppenmindestlebensdauern werden bei Gruppenbildung mit einer gewissen Wahr-



scheinlichkeit manchmal höher angesetzt als normal, also z. B. länger als einen Tag. Dies würde dann irgendwann zur Ingangsetzung der Periodical Prediction ausreichen.

2. Effektive und wohl bessere Möglichkeit: Jedes Fahrzeug behält in einem (nicht aktiv wirksamen) Langzeitgedächtnis Wissen über vergangene Gruppenmitgliedschaften. Einige solche Fahrzeuge (Pendler u. ä.) kommen dann sicherlich bei der nächsten (oder übernächsten, ...) Periode wieder im selben Gebiet in einen periodischen Stau. Solche Fahrzeuge erkennen dann die zeitliche Koinzidenz von Verkehrsstörungen und können dann zumindest mal auf Verdacht die Verlängerung der Gruppenlebensdauer bewirken. Oder aber sie können bei entsprechender "Wunschakkumulation" ziemlich direkt gegebenenfalls die Einrichtung einer Periodical Prediction durchführen. Dieses Verfahren des Langzeitgedächtnisses löst auch das Problem, wenn schon existente Periodical Predictions oder sonstige ortsgebundene Gruppendaten z. B. eine Nacht mit so geringem Verkehrsaufkommen überleben müssen, dass die iterative Übergabe der Gruppendaten abreißt. In weiterem Sinne kann also durch das Langzeitgedächtnis das Überleben einer Gruppe gesichert werden, die für einen kurzen Zeitraum keine Mitglieder mehr hat.

3. Ausnutzung einer erreichbaren durchgehend laufenden unten beschriebenen Festnetz-Backbone-Station, sofern eine solche zur Verfügung steht.

#### Zusammenspiel der Kommunikation mit der Routenplanung

Wenn sich aus einem Request-Zyklus ergibt, dass die der Routenplanung zugrundeliegenden Bewegungsparameter der Streckenabschnitte von den bisherigen Kartendaten abweichen (z. B. mittlere/maximale Fahrgeschwindigkeit niedriger), dann werden diese durch den Request (oder auch Broadcast) erhaltenen Bewegungsparameter in die individuelle Karte eingetragen, die sozusagen die eingebaute Karte (z. B. auf CDROM) überlagert. Daraufhin errechnet ein "Schnellster-Weg-Algorithmus" erneut eine Route. Diese Route kann sich von der alten Route unterscheiden. Wenn sich die Route von der alten Route unterscheidet, wird der Request-Zyklus für die neuen noch unbekannten/nicht mehr ausreichend aktuellen Streckenabschnitte wiederholen. Andernfalls ist die momentan geplante Route vorläufig OK.

Ein Verbesserung des Verfahrens wird dadurch erreicht, dass gleich von Anfang an für ein Set von alternativen Routen der Request-Zyklus gestartet wird.

Streng mathematisch ist diese Vorgehensweise nur richtig, wenn die Request-/Broadcastdaten niedrigere Geschwindigkeiten als die der eingebauten Karte ergeben. Jedoch ist dies der Normalfall. Umgekehrt gelagerte Fälle, z. B. wenn eine Geschwindigkeitsbeschränkung aufgehoben wird, können jedoch auch im Laufe der Zeit durch folgendes Verfahren verarbeitet werden: Wenn ein solcher Fall wiederholt auftritt, wird er im Netz durch eine Wide-Area-Broadcast (s. u.) verbreitet und in einem Karten-Update-Speicherbereich abgelegt, der die CDROM-Karte überlagert. Im weitesten Sinn kann ein solcher Vorgang zum "Kartenlernen", d. h. zur Aufnahme von relevanten Daten in die Karte, verwendet werden.

Der gesamte Routenplanungs- und Request-Zyklus läuft ständig während der gesamten Fahrt ab. Daraus ergibt sich eine zusätzliche Dynamik. Zu jedem Zeitpunkt kann also der Fahrer aufgrund aktuell bestmöglichen Wissens mit einer optimalen Routenplanung versorgt werden.

Wenn keine Daten über Streckenabschnitte erhalten werden, kann man davon ausgehen, dass so wenige Fahrzeuge in dem betroffenen Gebiet unterwegs sind, dass offensichtlich die Strecken frei sind. Folgende Annahme ist also eine Grundregel des Verfahrens: Wenn keine Daten über einen Streckenabschnitt zur Verfügung stehen, ist anzunehmen, dass der Streckenabschnitt frei ist. Oder aus dem entgegengesetzten Blickwinkel ausgedrückt, es wird folgender selbststabilisierender Effekt ausgeübt: dort wo aufgrund erhöhter Verkehrsdichte mit zähfließendem Verkehr zu rechnen ist, verbessert sich automatisch auch die Kommunikationssituation.

#### Drittdaten

Sende- und Empfangseinrichtungen, über welche Drittdaten in das System eingespeist bzw. daraus extrahiert werden, werden als Pseudo-Fahrzeug aufgefasst (und besitzen in der Regel die Eigengeschwindigkeit 0). Die Art und Weise, wie solche Pseudo-Fahrzeuge in den Kommunikationsablauf eingebunden werden, unterscheidet sich nicht prinzipiell von gewöhnlichen Fahrzeugen. Ein Beispiel für eine Drittdatenübermittlung wäre zum Beispiel eine Nachfrage eines Fahrers, den von Nürnberg nach München auf der A9 unterwegs ist, nach einer geeigneten S-Bahn-Anschlußverbindung in München von einem Park+Ride-Bahnhof zum Marienplatz. Die Datenübermittlung würde analog zu einem Request von dem anfragenden Fahrzeug zu einem bekannten Ort laufen, an dem ein entsprechender Informationsprovider eine Netzstation hat.

#### Backbone-Festnetz

Als besondere "Pseudo-Fahrzeuge" sind Backbone-Stationen denkbar, welche unter sich ein schnelle Festnetzverbindung haben. Dadurch ergibt sich ein Backbone-Festnetz, das eine langreichweitige Kommunikation abkürzen kann, insbesondere dann, wenn die Informationsart von eher nichtkohäsiver Art ist (→ Information, bei der es sich nicht so sehr lohnt, diese entsprechend der oben beschriebenen Philosophie ohnehin auf vielen Zwischenstationen abzulegen (cachen), wie z. B. die unten genannte Telefonie. Zu betonen ist noch einmal, dass ein solches Backbone-Netz kein wesentlicher Bestandteil des Verfahrens ist. Die Backbone-Stationen haben z. B. auch nicht wie bei einem Mobilfunknetz für eine möglichst lückenfreie Netzabdeckung zu sorgen, sondern sind wirklich nur eine Option zur Beschleunigung von Kommunikation. Nutzbringend ist ein Backbone-Netz wohl besonders dann, wenn ein hohes Volumen an Drittdaten-Übertragung anfällt. Backbone-Stationen können dann ganz gezielt und sparsam nach und nach da eingefügt werden, wo das Kommunikationsvolumen an ein Limit laufen würde.

#### Zur Technik des Backbone-Routings

Die Position von Backbone-Stationen wird per Wide-Area-Broadcast regelmäßig (aber vergleichsweise sehr selten) bekanntgegeben. Neu in den Verkehr eintretende Fahrzeuge können die Informationen über solche Backbone-Positionen jederzeit per Request von Nachbarfahrzeugen aus relativ kurzer Entfernung besorgen. Wenn eine Information an einer Backbone-Station vorbeiläuft und diese Station erkennt, dass das weitere Routing der Information über das Backbone-Netz günstiger ist, so sendet es zunächst mit der geringstmöglichen Delayzeit (s. o.) ein besonderes Annihilation-Telegramm als Ersatz für das oben beschriebene Repetition-Telegramm aus, wobei unter Telegramm ein Paket

weitergereichter Daten zu verstehen ist. Dieses Annihilation-Telegramm bewirkt wie ein Repetitions-Telegramm, dass andere Fahrzeuge ihre eventuelle Absicht stoppen, das Informationspaket im normalen Fahrzeug-Fahrzeug-Netz weiterzurouten (gegebenenfalls kann das Annihilation-Telegramm auch als Area-Broadcast über einen Bereich etwas größer als der Senderadius ausgeführt werden, um eine sichere Eliminierung des Routingvorgangs im normalen Netz zu erreichen). Das Informationspaket wird dann an den geeignetsten Endknoten im Backbone-Netz übermittelt und dort wieder in das Fahrzeug-Fahrzeug-Netz nach der gewöhnlichen Methode eingespeist.

#### 1-zu-1 Datenverbindung/Telefonie

Eine besondere Art von Drittdatenübermittlung erfolgt über eine dauerhafte gerichtete Verbindung zwischen 2 benannten (→ ID, Telefonnummer, o. ä.) Teilnehmern. Hierzu ist es zunächst erforderlich, dass der Teilnehmer, der die Verbindung aufnehmen will, den Kommunikationspartner im Netz auffindet. Hierzu gibt es eine Reihe von Möglichkeiten, die auch kombiniert werden können:

1. Bei Vorhandensein eines Backbone-Netzwerks: Ein Zentralrechner oder mehrere verteilte Rechner im Backbone-Netz können aus allen Broadcasts, Requests, Answers und sonstigen Telegrammen, die über Backbone-Stationen hinweglaufen, die Sender- und Empfänger-ID's sowie deren Position entnehmen und ein "Fuzzy-Telefonbuch" (→ Telefonbuch mit unscharfen bzw. nichtgesicherten Einträgen) führen, in dem die ungefähren Aufenthaltsorte der Fahrzeuge/Teilnehmer verzeichnet sind. Diese Telefonbücher müssen nicht 100% richtig sein. Daraus können nun anfragende Kommunikationspartner eine Schätzung für die Position des anderen Partners entnehmen.
2. Es wird hier vorausgesetzt, dass ein ungefährender Aufenthaltsort des Partners vorhanden ist. Entweder durch Nachschauen in einem Fuzzy-Telefonbuch, durch Schätzungen aufgrund des gewöhnlichen Aufenthaltsgebietes des Zielfahrzeugs (Heimatregion) oder durch manuelle Eingabe. Dann wird an ein Zielgebiet im Bereich dieses Ortes ein Such-Broadcast geschickt ("Atompilz"-Broadcast (s. o.)). Wenn der Gesuchte sich meldet, ist die Verbindung hergestellt. Wenn sich der Gesuchte nicht meldet, können zunächst andere in Frage kommende (kleine) Suchbereiche angefragt werden oder die Suchbereich immer weiter ausgedehnt werden. Im ungünstigsten Falle müsste dann das gesamte Netzgebiet mit einem Wide-Area-Broadcast abgesucht werden.
3. Alle Fahrzeuge führen in einem nichtbenötigten Speicherbereich ein weiteres Langzeitgedächtnis über Fahrzeug-ID's von verbeilauenden Telegrammen. Such-Broadcasts können dann oft wesentlich früher einen Hinweis in die richtige Richtung geben.
4. Alle Fahrzeuge gehören zu einer besonderen Heimatgruppe in dem Sinne, dass die Fahrzeuge größere Ortswechsel jeweils durch einen gerichteten (Punkti-)Broadcast dieser Heimatgruppe mitteilen. Die Heimatgruppen können entweder tatsächlich in einer gewöhnlichen Gruppe in der Nähe des Heimatorts des Fahrzeugs etabliert sein, oder aber von einer Backbone-Station oder sonst wo verwaltet werden. Heimatgruppen sind sozusagen verlässliche Orte, an denen der (näherungsweise) momentane Aufenthaltsort eines Fahrzeugs nachgefragt werden kann.

Wenn die Aufenthaltsorte der Verbindungspartner untereinander nun bekannt sind, muß ein dauerhafter Verbindungskanal aufgebaut werden. Ähnlich wie beim oben beschriebenen Answer-Verfahren wird als erster Verbindungskanal nun die History-Liste von Übermittlungsfahrzeugen genommen, die bei der Kontaktaufnahme entstanden ist. Diese History-Liste wird als erste Verbindungs-Liste genommen. Durch das zielgerichtete direkte Abspringen der in der Verbindungs-Liste enthaltenen Fahrzeuge in beiden Richtungen kann eine effiziente Übermittlung großer Datenmengen ohne den aufwendigen oben beschriebenen, beim Request oder Area-Broadcast verwendeten Delay-Mechanismus erfolgen. Probleme gibt es bei drohendem Verbindungsabriß durch die Bewegung der übermittelnden Fahrzeuge und der kommunizierenden Fahrzeuge. Dieses Problem wird durch folgende Technik gelöst:

1. Beim Springen der Daten von Fahrzeug zu Fahrzeug, wird immer auch die Positionen der sendenden Fahrzeug mit übermittelt, dadurch erkennen die übermittelnden Fahrzeuge, während der Verbindungskanal steht und ständig benutzt wird, wann der Abstand zwischen 2 Verbindungsfahrzeugen so groß zu werden droht, dass die Verbindung abreißt. Wenn diese Gefahr droht, leiten die beiden betroffenen Verbindungsfahrzeuge rechtzeitig ein lokales Neuverknüpfungsverfahren ein. Sie suchen unter sich eine sichere Verbindung über ein Zwischenfahrzeug. Das kann durch ein ganz normale Request-Methode wie oben beschrieben geschehen, evtl. unter Vorgabe einer künstlich erniedrigten Sendefeldstärke (z. B. -20%), um einen besonders sicheren Kanal zu finden. Dieses Zwischenfahrzeug wird dann beim nächsten Routing auf den Verbindungsstrecken in die Verbindungsliste eingefügt.
2. Ständig wird auch während des Verbindungs-Routings anhand der Positionen der Verbindungspositionen überprüft, ob der Abstand von Fahrzeug-Trippeln sich soweit verringert hat, dass ein Verbindungsfahrzeug aus der Verbindungsliste herausgenommen werden kann. Dadurch wird verhindert, dass bei länger stehenden Verbindungen zu uneffiziente Verbindungskorridore entstehen.
3. In größeren Zeitabständen wird völlig unabhängig vom bestehenden Verbindungskanal/-korridor per Request von den beiden Kommunikationspartnern ein neuer optimaler Verbindungskanal gesucht. Die dann erhaltene neue Verbindungsliste kann dann ab sofort verwendet werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur dynamischen Gewinnung von relevanter Verkehrsinformation und/oder zur dynamischen Optimierung einer Route eines ersten Fahrzeugs, welches einem selbstorganisierenden Verkehrsinformations- und/oder -leitsystem angehört, dem weitere Fahrzeuge angehören, mit den Schritten:

- [a] Erstellen von Daten auf der Basis von fahrzeugeigenen Sensoren und/oder anderen Informationsquellen im ersten Fahrzeug,
- [b] Aussenden von für das erste Fahrzeug oder andere Fahrzeuge relevanten Daten (Broadcast),
- [c] Empfangen der gesendeten Daten anderer Fahrzeuge,
- [d] Speichern von Daten, die aus empfangenen und/oder eigenen Daten gewonnen wurden,
- [e] Erstellen und Senden von Anfragen bezüglich

- Daten, die möglicherweise andere Fahrzeuge bereitstellen könnten (Request), und [f] potentiell Weiterleiten von empfangenen Daten durch Wiederaussenden dieser Daten in verarbeiteter oder nicht verarbeiteter Form (Replikation).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Schritt [a] und [d] auch Fahrhistoriendaten durch die Fahrzeuge erstellt werden.
  3. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Anfragen von empfangenden Fahrzeugen beantwortet, teilweise beantwortet, weitergeleitet und/oder teilweise weitergeleitet werden können. (Response und Replikation).
  4. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Beantworten von Anfragen und/oder Weiterleiten von Anfragen und anderen Daten durch Fahrzeuge mit geeignetem/optimalen Informationsstand bzw. mit günstiger/optimaler aktueller Position für eine Weiterleitung erfolgt. (Optimierung von Beantwortung und Weiterleitung).
  5. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass durch das erste Fahrzeug Anfragen nach Informationen bezüglich der Befahrbarkeit und sonstiger verkehrsrelevanter Größen auf den in Frage kommenden zukünftig zu befahrenden Wegstreckensegmenten gesendet werden. (Anfragen verkehrsrelevanter Größen)
  6. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Antworten auf Anfragen des ersten Fahrzeugs an das erste Fahrzeug direkt oder per Weiterleitung zurückgeleitet werden, wobei die Informationen in den Antworten zur opportunen Weiterverwendung auch von übermittelnden Fahrzeugen sowie von Fahrzeugen, die ebenfalls die Antworttelegramme empfangen, abgespeichert, akkumuliert und aufbereitet werden können. (Caching und Verwertung)
  7. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in den Schritten [b] und [c] eine zu dem ersten Fahrzeug dazugehörige Quellengruppe von Fahrzeugen auf den Empfang der Fahrzeugdatensignale von den jeweiligen Fahrzeugen festgelegt wird, wobei in den empfangenden Fahrzeugen zum Zwecke der Generierung von Quelldaten für die nachfolgenden Schritte die Daten gespeichert, akkumuliert und vorverarbeitet werden können. (Quellenbildung I)
  8. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Vorverarbeitung der Quelldaten mittlere Geschwindigkeiten, maximale Geschwindigkeiten, Verkehrsdichtemaße, Stau-Sensitivitäten, gebündelte Aktualitätsmaße und/oder gebündelte Relevanz-Maße berechnet werden können. (Quellenbildung II)
  9. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Fahrhistoriendaten, Quelldaten, Zwischenspeicherdaten, insbesondere die in Anspruch 6 abgespeicherte, akkumulierte und aufbereitete Information, und Antwortdaten in den Fahrzeugen jeweils in einer individuellen Karte gespeichert werden können, welche eine statische globale Karte überlagert oder parallel dazu besteht. (Individuelle Karte)
  10. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Unterteilen der Kartenstruktur für Zwecke der internen Verarbeitung und Referenzierung in Übertragungssignalen in Wegstreckensegmente erfolgen kann, die eine maximale Länge nicht überschreiten. (Kartenrepräsentation I)
  11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Zusammenfassen von Wegstreckensegmenten der Kartenrepräsentation für Zwecke der internen Verarbeitung und Referenzierung in Übertragungssignalen zu Gruppen und Übergruppen mit jeweils eigener Identifizierung erfolgen kann. (Kartenrepräsentation II – Kompression durch Hierarchisierung)
  12. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Schritt [f] ein günstiges Fahrzeug aus der Gruppe von Fahrzeugen, welches die Anfrage beantwortet und/oder weiterleiten kann, durch ein Bewertungsverfahren ermittelt wird, wobei in Abhängigkeit von der Aktualität bzw. Relevanz von bereits dem jeweiligen Fahrzeug verfügbaren Daten über die betroffenen Wegstreckensegmente, der Anzahl von Anfragen, die aufgrund bereits verfügbarer Daten beantwortet werden können, und/oder der Entfernung des jeweiligen Fahrzeugs zum nächsten Wegstreckensegment, dessen Anfrage nicht beantwortet werden kann, ein Bewertungsmaß ermittelt wird. (Delay-Routing I)
  13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit von dem Bewertungsmaß eine Verzögerungszeit für die Absendung der Beantwortung und/oder Weiterleitung festgesetzt wird, die umso kürzer ist, je höher das Bewertungsmaß ist, so dass Fahrzeuge je eher mit dem Senden zum Zuge kommen, je besser das Bewertungsmaß ist. (Delay-Routing II)
  14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass ein Fahrzeug A mit einer Sendeabsicht betreffend einer Anfragebeantwortung und/oder -weiterleitung bezüglich einer bestimmten, durch einen Aktions-Code gekennzeichneten Anfrage die geplante Absendung stoppt, wenn es ein Signal bezüglich derselben Anfrage mit demselben Aktions-Code von einem anderen Fahrzeug B empfängt, welches mit kürzerer Verzögerungszeit dem Fahrzeug A zugekommen ist. (Delay-Routing III)
  15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Schritt [e] bei der Erstellung von Anfragen eine gewünschte Aktualität in die Anfrage inkodiert wird. (Aktualitätsanforderung)
  16. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Beantworten einer Anfrage je nach gewünschter Aktualität aus Quelldaten von Fahrzeugen nahe am Zielgebiet der Anfrage oder aus zwischengespeicherten Daten, insbesondere aus der in Anspruch 6 abgespeicherten, akkumulierten und aufbereiteten Information, von Fahrzeugen weitab vom Zielgebiet und näher am anfragenden Fahrzeug erfolgen kann. (Cache-Nutzung)
  17. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein erstes Berechnen einer Route des ersten Fahrzeugs von dessen momentaner Position zu einem gewählten Ziel anhand statisch gespeicherter oder bereits verfügbarer dynamischer Wegstreckendaten erfolgen kann. (Statisches oder dynamisches Routing)
  18. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Neuberechnung der Route aufgrund geänderter Daten in der individuellen Karte zum Zwecke der iterativen Optimierung der Route erfolgt. (Iterative Optimierung)

19. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die übertragenen Signale Informationen bezüglich des Signaltyps, der Fahrzeugidentifizierung, der verwendeten Sendefeldstärke, des Aufenthaltsorts der Fahrzeuge, eines eindeutigen Aktions-Codes, sowie einer Liste von Identifizierungen bisher verwendeter Übermittlungsfahrzeuge als History-Liste beinhalten. (Informationsinhalte I)
20. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die übertragenen Signale Informationen bezüglich der Wegstreckensegmentidentifizierungen, der Bewegungsrichtung, des Anteils des zurückgelegten Wegstreckensegments, der mittleren Geschwindigkeit, der maximalen Geschwindigkeit, der Fahrzeugdichte und/oder der Aktualität/Zeitmarkierung der Informationen beinhalten. (Informationsinhalte II)
21. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Festlegen der Gruppe von Fahrzeugen auf die in Anspruch 7 dargestellte Weise durch Festlegen der Sendefeldstärke oder Sendereichweite des ersten Fahrzeugs erfolgt. (Sendereichweite I)
22. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine einstellbare Sendefeldstärke der Sendeeinheit so geregelt werden kann, dass im Mittel eine parametrisierbare Maximalanzahl von erreichbaren Fahrzeugen nicht überschritten wird. (Sendereichweite II)
23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass in die Sendefeldstärkenregelung die in den empfangenen Signalen einkodierten Positionen und verwendeten Sendefeldstärken der benachbarten Fahrzeuge eingehen können. (Sendereichweite III)
24. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zurückleiten der Beantwortung einer Anfrage durch die im Schritt [f] festgelegten Übermittlungsfahrzeuge erfolgen kann, wobei die History-Liste verwendet werden kann (Rückleiten I: Ausnutzen der History-Liste).
25. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zurückleiten der Beantwortung einer Anfrage durch ein Weiterleitungsverfahren analog der Hinleitung der Anfrage im Schritt [f] erfolgen kann. (Rückleiten II: Erneutes Routing).
26. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Fahrzeug eine Mehrzahl von Anfragen bezüglich einzelner Wegstreckensegmente, die jeweils einzeln beantwortet und/oder weitergeleitet sowie beantwortet zurückgeleitet werden, oder eine Anfrage bezüglich der Gesamtheit von Wegstreckensegmenten erstellt und sendet, wobei die Anfrage bezüglich der Gesamtheit von Wegstreckensegmenten eine Mehrzahl von Teilanfragen bezüglich einzelner Wegstreckensegmente beinhaltet, die nacheinander von den Fahrzeugen der Kette von Übermittlungsfahrzeugen beantwortet bzw. weitergeleitet werden. (Kombination von Anfragen)
27. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Beurteilung erfolgt, ob für ein bestimmtes Wegstreckensegment eine Anfrage erstellt werden soll. (Bewertung der Anfragenotwendigkeit I)
28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Beurteilung, ob für ein bestimmtes Wegstreckensegment eine Anfrage erstellt werden soll, in Abhängigkeit der Entfernung des Wegstreckensegments vom momentanen Aufenthaltsort des ersten Fahrzeugs, der geschätzten Zeit bis zum Erreichen des Wegstreckensegments, einem Wichtungsfaktor des Wegstreckensegments, der aus der Vergangenheit bekannten Stauhäufigkeit und/oder der Aktualität bereits verfügbarer Daten über das Wegstreckensegment erfolgt. (Bewertung der Anfragenotwendigkeit II)
29. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zurückleitung nicht beantworteter Anfragen in Form von speziell markierten Pseudo-Antworten erfolgt. (Pseudo-Antwort I)
30. Verfahren nach Anspruch 29 und 14, dadurch gekennzeichnet, dass eine Nichtbeantwortung einer weitergeleiteten Anfrage dadurch detektiert wird, dass bei einer Weiterleitung einer Anfrage durch Fahrzeug A gleichzeitig die Absendung einer Pseudo-Antwort mit hoher Delay-Zeit festgelegt wird. (Pseudo-Antwort II)
31. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Absendung der Pseudo-Antwort vom Fahrzeug A dadurch gestoppt werden kann, dass ein anderes Fahrzeug B, welches sich in Reichweite des Fahrzeugs A befindet, seinerseits die weitergeleitete Anfrage beantwortet oder weiterleitet, was Fahrzeug A aufgrund des Aktions-Codes der Anfrage erkennen kann. (Pseudo-Antwort III)
32. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine oder mehrere Gruppen von Fahrzeugen gebildet werden, die jeweils über Daten bestimmter benachbarter Wegstreckensegmente verfügen, wobei für die jeweiligen Fahrzeuge gemeinsame gruppenrelevante Daten derart verfügbar sind, dass eine Anfrage über Daten solcher Gruppen von jedem Fahrzeug der Gruppe beantwortet werden kann oder durch wenige Weiterleitungen eine Beantwortung erfolgen kann. (Quellenhierarchisierung I)
33. Verfahren nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, dass aus den Gruppen eine oder mehrere übergeordnete Gruppen gebildet werden, die jeweils über Daten bestimmter benachbarter Wegstreckensegmente verfügen, wobei für die jeweiligen Fahrzeuge gemeinsame übergruppenrelevante Daten derart verfügbar sind, dass eine Anfrage über Daten solcher Übergruppen von jedem Fahrzeug der Übergruppe beantwortet werden kann oder durch wenige Weiterleitungen eine Beantwortung erfolgen kann. (Quellenhierarchisierung II)
34. Verfahren nach einem der Ansprüche 32 und 33, dadurch gekennzeichnet, dass Fahrzeuge der Gruppe Datensignale erstellen und senden, die Informationen bezüglich der Lage, Ausdehnung und minimalen Lebensdauer der Gruppe beinhalten. (Quellenhierarchisierung III – Gruppenprotokoll)
35. Verfahren nach einem der Ansprüche 32 bis 34, wobei Gruppendaten mittlere Geschwindigkeiten, maximale Geschwindigkeiten, Fahrzeugdichtemaße, Aktualitäten/Zeitmarkierungen und/oder Informationsrelevanzmaße bezüglich der Gesamtheit der Fahrzeuge der Gruppe beinhalten können. (Quellenhierarchisierung IV – Gruppendaten)
36. Verfahren nach einem der Ansprüche 32 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass eine Gruppenbildung dadurch erfolgen kann, dass Gruppenbildungswünsche eines oder mehrerer Fahrzeuge oder Untergruppen akkumuliert werden und dass die tatsächliche Gruppenbildung erst bei einer Schwellwertüberschreitung fest-

gelegt wird. (Quellenhierarchisierung V – Gruppenbildung)

37. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Informationen beim Rücklauf von Antworten auf Anfragen oder bei der Zwischenspeicherung in Übermittlungsfahrzeugen inhaltlich insbesondere auf die in Anspruch 11 dargestellte Weise zusammengefasst werden, so dass Daten aus größerer Entfernung vom Anfrager stärker komprimiert/gröber aufgelöst werden können. (Integration)

38. (Area-Broadcast) Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dass ausgesendete Datensignale analog der Verarbeitung von Anfragen im Schritt [f] sowohl entlang eines eindimensionalen Kanals hin zu einem Zielort als auch flächenhaft in ein in das Datensignal einkodiertes weiträumigeres Zielgebiet weitergeleitet werden. (Integration)

39. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Datensignale Informationen beinhalten, die aufgrund eines besonderen Ereignisses von einem Fahrzeug erstellt und gerichtet oder ungerichtet gesendet werden. (Event-Broadcast)

40. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass einem Fahrzeug oder einer Gruppe von Fahrzeugen externe Daten zur gerichteten oder ungerichteten Weitergabe zugeführt werden, wobei auch eine Gruppenbildung durch diese externen Daten veranlasst werden kann. (Zuführung externer Daten an Fahrzeuge oder Gruppen)

41. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Informationen bezüglich einer Stauprognose oder sonstiger verkehrsrelevanter Größen aus dem System extrahiert und extern gespeichert werden, wobei zur Gewinnung der relevanten Größen auch eine Gruppenbildung von innerhalb oder außerhalb des Systems veranlasst werden kann. (Extraktion von Verkehrsdaten)

42. Verfahren nach Anspruch 40 und 41, dadurch gekennzeichnet, dass die übertragenen Daten Informationen bezüglich Verkehrsanbindung an andere Verkehrsverbünde wie Bahn-, U-Bahn-, S-Bahnverkehr, Flugverkehr und/oder Schifffahrt beinhalten. (Intermodaler Verkehr)

43. Verfahren nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, dass die externen Daten Informationen bezüglich einer Stauprognose beinhalten. (External Prediction)

44. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Informationen bezüglich einer Stauprognose aufgrund in der Vergangenheit erfasster und zyklisch auftretender Ereignisse aus den Fahrzeugdatensignalen generiert und gesendet werden, wobei zum Zwecke der zyklischen Stauprognose auch eine Gruppenbildung initiiert werden kann. (Periodical Prediction)

45. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Informationen bezüglich einer Stauprognose aufgrund von in jüngerer Vergangenheit erfasster Ereignisse aus den Datensignalen durch Extrapolation der Verkehrsflüsse oder Simulation generiert und gesendet werden, wobei zum Zwecke der simulativen Stauprognose auch eine Gruppenbildung initiiert werden kann. (Simulative Prediction)

46. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Informationen bezüglich einer Stauprognose und/oder sonstiger

verkehrsrelevanter Größen innerhalb einer festzulegenden Gruppe von Fahrzeugen abgelegt werden und dort weiterbestehen. (Persistenz von Stauprognosen)

47. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Fahrzeuge Landfahrzeuge für den Straßen- oder Schienenverkehr, Wasserfahrzeuge, Luftfahrzeuge oder sonstige mobile bemannte oder unbemannte Einheiten sind, die sich in einem gemeinschaftlich genutztem Verkehrsraum fortbewegen und die mit einer begrenzt reichweitigen Kommunikationseinrichtung ausgestattet werden können. (Allgemeine Fahrzeuge)

48. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass "Fahrzeuge" auch besondere "Pseudo-Fahrzeuge" sein können, die speziell kommunikativen Zweck haben, Datensignale aus dem System heraus- oder in das System hineinsenden, Drittdaten einspeisen, nicht unbedingt mobil sein müssen, zumindest aber mit einer kompatiblen Kommunikationseinrichtung ausgestattet sind. (Pseudo-Fahrzeuge)

49. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass über ein Pseudo-Fahrzeug oder eine Station eine Verbindung zu einem anderen Telekommunikationsnetzwerk hergestellt wird. (Verbindung zu einem anderen Telekommunikationsnetzwerk)

50. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass miteinander durch ein externes Kommunikationsnetzwerk verknüpfte Pseudo-Fahrzeuge oder Stationen geschaffen werden, welche eine günstigere Verbindung zwischen den Fahrzeugen untereinander oder zwischen den Fahrzeugen und einem außerhalb des Verkehrsleitsystems befindlichen Sender/Empfänger herstellen. (Backbone-Netz)

51. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Übertragungseinrichtungen der Fahrzeuge und/oder der Pseudo-Fahrzeuge/Stationen und die Art und Weise der in den vorausgehenden Ansprüchen dargestellten Signalübertragung ein allgemeines Telekommunikationsnetzwerk geschaffen wird. (Bildung eines allgemeinen Telekommunikationsnetzwerks)

52. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Daten bezüglich einer gefährlicher Annäherung des ersten Fahrzeugs an ein anderes dem Verkehrsleitsystem angehöriges Fahrzeug oder an eine dem Verkehrsleitsystem angehörige Gruppe erzeugt und/oder übertragen werden. (Sicherheitssystem)

53. Vorrichtung zum Ermitteln und Optimieren einer Route eines ersten Fahrzeugs, welches einem Verkehrsleitsystem angehört, dem weitere Fahrzeuge zugeordnet sind, mit

einer Erfassungsvorrichtung zum Erfassen von zu sendenden lokalen Fahrzeugdaten,  
einer Sende-/Empfangsvorrichtung zum Senden/Empfangen von Funksignalen, die jeweilige zu sendende/empfangende Fahrzeugdaten enthalten,  
einer Feldstärke-Einstellvorrichtung zur freien Einstellung einer bestimmten Sendefeldstärke bis hin zu einer maximalen Sendefeldstärke,  
einer Feldstärke-Erfassungsvorrichtung zum Erfassen der Feldstärke der jeweils empfangenen Funksignale,  
einer Speichervorrichtung zum Speichern von Daten;  
einer Gruppenfestlegungsvorrichtung, welche auf den Empfang der Fahrzeugdaten der jeweiligen Fahrzeuge

eine dem ersten Fahrzeug zugehörige Gruppe festlegt, einer Routenfestlegungs- und -segmentierungsvorrichtung, welche anhand von gespeicherten Wegstreckendaten eine Route des ersten Fahrzeugs von dessen momentaner Position bis zu einem gewählten Ziel festlegt 5 und in Wegstreckensegmente unterteilt, und einer Routenoptimierungseinrichtung, welche eine Anfrage über Fahrzeugdaten, welche Informationen bezüglich der Befahrbarkeit der jeweiligen Wegstreckensegmente beinhalten, an die Gruppe von Fahrzeugen 10 stellt und anhand von auf die Anfrage empfangenen Fahrzeugdaten eine optimierte Route bestimmt. (Aufbau der intelligenten Kommunikationsvorrichtung)

54. Vorrichtung nach Anspruch 53, gekennzeichnet durch eine Verzögerungszeitsignalerzeugungsvorrichtung, welche in Abhängigkeit von einem frei festlegbaren Zeitverzögerungswert ein Datensignal erst nach Ablauf der festgelegten Verzögerungszeit absendet. (Delay-Erzeugung I) 15

55. Vorrichtung nach Anspruch 53 oder 54, gekennzeichnet durch eine Steuervorrichtung, welche die Absendung des verzögerten Datensignals vor Ablauf der Verzögerungszeit nachträglich stoppen kann. (Delay-Erzeugung II) 20

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

45

50

55

60

65



- Leerseite -

Fig. 1

